·开放创新生态专题导读·

形成具有全球竞争力的开放创新生态，亟待多元主体开展开放科学实践



专题主编：黄金霞，研究馆员，博士生导师。中国科学院文献情报中心智能情报重点实验室副主任。承担国家级、院级等课题，研发 GoOA 平台、APC 合理性检测平台 APCheck、全球 OA 期刊排行榜，参与中国科学院高端交流平台建设，参与组织 China OA Week、中国合理使用周等会议。发表文章 60 多篇。当前作为中科院学部开放科学重点咨询项目“开放科学的全球态势与影响研究”依托单位的负责人之一（项目负责人为杨卫院士），开展开放获取、开放数据、开放科学治理的研究。

全球已经进入开放科学治理的快车道。2021 年 11 月联合国教科文组织（UNESCO）发布的《开放科学建议书》，我国在 2021 年底修订的《中华人民共和国科学技术进步法》中提出推动开放科学的发展，中国共产党第二十次全国代表大会提出的“形成具有全球竞争力的开放创新生态”，这些都将推动开放科学治理工作。我国开放科学的发展，需要多元主体参加，需要研究机构、大学、科学联合会和协会、学术团体、出版社、期刊、科研资助机构、社会公众尽快达成共识并开展开放科学实践。我们可以逐步推进开放科学实践工作：首先，定义清晰开放创新生态的内容和价值，社会的开放创新、全球重大问题的解决将在一种开放和包容的生态中得以推进，在不同科研主体（包括科技企业、社会公众），在科学研究的不同阶段开展开放实践、创新实践，满足社会需求，提供高质量的创新产品（包括新理论、新方法、新产品）；其次，构建该生态中知识创新链动态平衡，包括知识共享和知识再利用，将需要建立开放科学是符合公众利益且为优先事项的原则，这也将可能推进知识产权例外的实践工作，降低开放科学发展中的可能风险；再次，培养适应开放科学、开放创新生态的科研人员是推进开放科学实践的重要环节，开放科学不是新事物，其发展历程中形成的开放包容理念、开放知识、开放数据、开放科研基础设施、开放科学相关政策、甚至公民科学，有必要尽快建立完善的培训体系；同时，UNESCO《开放科学建议书》也是各国开放科学推进的指导框架，了解该建议书的发展历程、主要内容，将促动思考我国参与全球开放科学治理的着力点。本次组织的几篇开放科学文章，主要是围绕着以上几个内容开展的研究工作，也是中国科学院文献情报中心开放科学研究团队对当前开放科学态势和影响的一些思考，希望得到关注、欢迎讨论。

开放科学的开放创新内涵及生态作用机制研究

陈雪飞[1]，黄金霞[1,2]，王　昉[1]

（1. 中国科学院文献情报中心，北京　100190；2. 中国科学院大学 经济管理学院，北京　100190）

摘　要：［目的 / 意义］开放科学正成为创新的动力系统。本文旨在分析开放科学和开放创新的内涵一致性，研究开放科学对于创新生态的动力作用机制，为开放科学创新生态研究，以及开展面向科技创新的开放科学治理提供参考。［方法 / 过程］建立开放科学“资源 – 过程 – 主体 – 行为”内涵分析框架，并以此为理论框架分析开放科学的开放创新内涵，从创新过程的角度分析开放科学对于创新生态的作用机制。［结果 / 结论］开放科学创新生态已形成，开放科学和开放创新的内涵具有一致性。开放科学在创新的不同阶段都发挥作用，显性知识和隐性知识在不同创新阶段开放流动，加速开放科学创新、开放式创新、公众创新和负责任创新。

关键词：开放创新；开放科学；创新生态；开放共享

中图分类号：G250.7　　文献标识码：A　　文章编号：1002-1248（2022）09-0005-10

引用本文：陈雪飞, 黄金霞, 王昉. 开放科学的开放创新内涵及生态作用机制研究[J]. 农业图书情报学报, 2022, 34(9)：5-14.

1 引　言

在全球化发展的趋势下，社会正由封闭式创新转向开放式创新，开放科学成为当前国际科学研究和科学组织范式转型的新趋势。2013 年，欧洲委员会副主席尼利·克洛斯（N. Kroes）指出“我们正在步入开放科学时代”。2015 年 10 月 15 日，OECD 发布报告《使开放科学成为现实》认为，科学越来越多地被数据所驱动，在线存储为获取和利用科研信息成为可能，这些加速了科研人员和领域之间的知识转移，导致“开放科学”的快速发展。

开放科学已经成为全球共识[1]和行动。国际上发起过多项倡议，如布达佩斯开放获取倡议（Budapest Open Access Initiative）、阿姆斯特丹开放科学行动、（Amsterdam Call for Action on Open Science）、开放获取 2020 倡议以及 S 计划、开放科研数据北京宣言（The Beijing Declaration on Research Data）等。经合组织（OECD）于 2007 年发布了《OECD 关于公共资助科学数据获取的原则与方针》，探索开放研究的方法、过程和实践。联合国粮农组织发布了《全球开放科学硬件路线图》（2018 年），联合国教科文组织（UN-

收稿日期：2022-06-27

基金项目：中国科学院学部咨询评议项目“开放科学的趋势与影响研究”（2022-X01-B-008）

作者简介：陈雪飞（1987- ），硕士，中级馆员，中国科学院文献情报中心，研究方向为开放科学研究与服务，开放科学评价。黄金霞（1972- ），博士生导师，研究馆员，中国科学院文献情报中心，研究方向为开放科学、开放资源建设。王昉（1977- ），硕士，副研究馆员，中国科学院文献情报中心，研究方向为开放科学研究与服务，开放资源建设

ESCO）倡导用开放科学促进全球合作和解决全球化问题，并于 2021 年 11 月推出全球“开放科学建议书”，在政策层面指导成员国制定国家层面的开放科学战略，用以提升国家创新能力，促进社会经济发展。

国家层面，2022 年 8 月，白宫科技政策办公室（White House Office of Science and Technology Policy，OSTP）发布了最新的政策指南，要求联邦政府经费资助的所有研究成果的论文立即免费向公众开放。欧盟发布《欧洲开放科学国家计划》（2019 年），荷兰制定《开放科学与研究计划》（2014 年），日本成立开放科学委员会（2017 年），其他还有英国、加拿大、澳大利亚和非洲等都制定了国家开放科学政策，以及开展开放科学生态体系建设。欧盟于 2016 年投资 6 亿欧元启动了欧洲开放科学云 EOSC 建设，旨在建设服务于欧洲 170 万研究人员和 7 000 万科技从业人员的信息化基础设施，“地平线欧洲”计划（2021—2027 年）仅“开放科学”预算 258 亿欧元[2]，美国 NSF 也投入 80 亿美元用于开放数据，2021 年底开放科学也被首次写进《中华人民共和国科学技术进步法》中[3]。

开放科学正在塑造新的学术创新生态。欧盟在 2016 年发布的《开放创新、开放科学、向世界开放》报告[4]中指出开放科学的理念反映了 50 年来科学研究的范式转变：以前的标准做法是将研究成果发表在科学出版物上，而目前的趋势是在研究过程的早期阶段就共享和使用所有可用的知识。开放科学运动的深入，已经从单一的开放获取原则拓展到透明度、可重用、包容性、参与性、问责制等原则，从开放出版物拓展到数据、代码、和其他研究产品的共享、科研过程的共享、公民科学等。2019 年底突发的全球新冠疫情中采取的开放科学实践有利支持了全球新冠疫苗和药物研究，更是让全球科技界认识到开放科学是一种加速科学研究的全新的未来研究范式。

与早期的开放获取运动、开放数据运动局限于追求研究成果（论文或数据）的自由获取相比，开放科学更重在知识的开放交流和应用，更加强调开放协作的研究方式，从而加速科学创新进程，推动科学的发展。在这种范式下，开放共享成为新的社会文化，数据成为新的生产要素，合作研究成为创新机制[5]，全球研究机构及其利益相关者正在走向一个新的开放科学创新生态系统[6]。开放科学正在成为创新的动力系统，两者背后有着共同的关键目标和内在运行逻辑。

因此，本文聚焦开放科学下的开放创新内涵以及生态作用机制，构建开放科学内涵分析框架，以该框架为依据分析开放科学与开放创新的内涵一致性，从创新过程视角分析开放科学对于创新生态的作用机制，为开展开放创新生态系统研究、以及开放科学治理提供理论依据。

2 开放科学的开放创新内涵

2.1 开放科学的内涵分析框架

不同学者、不同利益方都从不同角度对开放科学进行过解读，但是由于开放科学内容复杂、范围广泛、界限不清晰以及学派众多，目前并没有一个统一的规范。

RUBEN[7]通过系统文献综述，将开放科学的概念分为 4 种类型：作为知识的开放科学、作为透明知识的开放科学、作为可访问知识的开放科学、作为协作开发知识的开放科学，并在此基础上建立一个综合的、严格的最新定义：开放科学是通过协作网络共享和开发的透明和可访问的知识。而目前认可范围最广的是 UNESCO《开放科学建议书》将开放科学定义为一个集各种运动和实践于一体的包容性架构，旨在实现人人皆可公开使用、获取和重复使用科学知识，为了科学和社会的利益增进科学协作和信息共享，并向传统科学界以外的社会行为者开放科学知识的创造、评估和传播进程。开放科学涵盖所有科学学科与学术实践的各个方面，包括基础科学和应用科学、自然科学和社会科学以及人文科学，并建基于以下主要支柱之上：科学知识（科学出版物、开放数据、开源代码和软件、开放硬件）的开放、开放科学基础设施、开放科学传播、社会行为者的开放式参与以及与其他知识体系的开放式对话[8]。

目前开放科学已经触动了整体科研生态，建立了使资助机构、科研机构、信息服务机构、社会公众等相关方跨越各种障碍，协作参与科研活动，以及科研成果、过程、设施可访问、可理解、可评估与重用的一种科研场景[9]。在这种场景下，开放科学包含的要素不断动态变化，范围不断延伸，但是其原则更加明晰。

在解构已有的开放科学内涵基础上，本文建立了开放科学“资源–过程–主体–行为”内涵分析框架，据此提出开放科学“科学知识资源–研究过程–参与主体–研究行为”4 个关键构成要素，并参考 VICENTE-SÁEZ 和 MARTÍNEZ-FUENTES 提出的开放科学三大支柱（可访问性、透明度和参与性）理论，进一步将构成要素具化为开放科学的 4 个原则，分别是科学知识的开放性原则、研究过程的透明性原则、参与主体的包容性原则、研究行为的协作性原则，如图 1 所示。

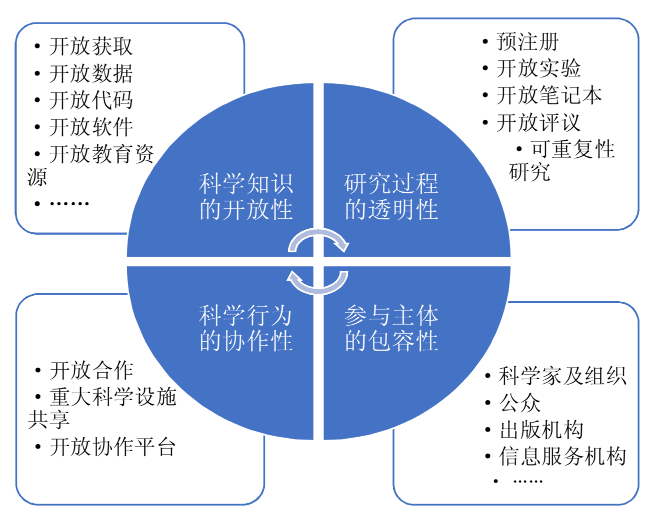


图 1　开放科学内涵分析框架及原则

Fig.1 Open science connotation analysis framework and principles

（1）科学知识的开放性。整个科学生命周期中产生的所有知识及知识承载的平台都是开放共享、可访问的，包括开放获取资源、开放实验记录、开放数据、预印本、开放代码、开放软件、开放教育资源、开放硬件以及开放知识基础设施等。但是，科学知识是在一定开放许可下进行开放的，其开放具有法律的保障和知识产权的认可，开放科学并不意味着“自由科学”。

（2）研究过程的透明性。研究的整个过程必须是透明化的，在研究之前可以通过预注册、注册报告进行研究登记，在实验过程采取开放实验、开放笔记本，详细记录科学实验数据及其生成的相关信息、方法条件、技术条件、应用条件等以方便他人进行可重复研究，在结果发表后采取开放评议，开放评议报告等。透明化的研究过程可以推动科研人员开展负责任的研究，开放科学成为学术交流的一种内在的“信任机制”。

（3）参与主体的包容性。这种包容性首先体现在参与主体身份的包容性。既包容科学研究系统内跨领域、跨机构、跨地区的合作，也包容科学研究系统与不同利益相关体、甚至是非科学研究系统的共同参与，主体组织可以是学协会、科研教育机构，公众、政府，NGO 组织，技术研发社区、研发企业，出版机构，信息服务机构、研究资助机构等等，对于个人不论国籍、种族、性别、语言、年龄、学科、社会经济背景、职业阶段都可以参与。其次体现在对于参与程度的包容性。任何主体在科学研究过程中都可以担任任何能胜任的角色，例如一个科学项目可以由非科学研究人员发起和设计。

（4）科学行为的协作性。开放科学是一种基于协作的、知识分工的研究工作组织方式，目前，很多重大科学基础设施都面向全球进行共享，多中心开放协作项目和平台的建设成为吸引和凝聚创新成果、提高全球科学影响力的重要举措。例如中国空间站邀请世界各国开展舱内外搭载实验项目，其中嫦娥四号获得的月球背面探测数据向世界开放，500 米口径球面射电望远镜、全超导托卡马克核聚变实验装置等中国重大科研基础设施成为世界级科研合作平台。

2.2　开放科学内涵框架下的开放创新

2.2.1　开放科学与创新的关系

开放科学是一种科学的组织机制，也是一种参与科技创新的知识生产机制[10]。DAVID 认为，我们创新体系过去的成功归功于其专有和开放科学模型的结合，并保持了适当的平衡[11]。开放科学擅长产生新知识，而专有科学（基于专利保护的知识）在将现有的知识储备转化为创新方面更强。但是，创新系统越来越

低效，研究和创新的成本不仅在增加，而且呈指数级增长。主要的原因是科学的日益复杂化、昂贵化，激励机制的引导错位以及专有科学导致的知识巴尔干化。许多学者都探索了开放科学改进科技创新系统的理论和实践，如 GOLD 提出开放科学伙伴关系（OSP）是扭转科技创新系统效率下降的一种机制[12]；VICENTE-SAEZ 提出创新的开放性正在被开放科学实践所重塑，开放科学在加快研究和创新过程以寻找重大社会挑战的解决方案以及培养高度创新和创业精神的人才方面具有巨大的潜力[13]。欧盟委员会更是将开放式创新和开放科学作为其研究议程的两个主要支柱。德国智库 Stifterverband 通过“战略开放”的政策框架将开放式创新和开放科学联系起来，企业将能够增加其创新产出，并且可以增强公众对科学的信任[14]。BECK 等认为开放性是创新和科学的粘合剂，并提出“科学研究框架中的开放式创新”[15]。而在此次新冠疫情中开放科学在疫苗开发中发挥的作用，也体现了开放科学对创新生态系统的改变。国内也有学者从新制度经济学、创新经济学、建构理论、开放式创新、责任创新等多种角度探索开放科学范式与科技创新的内在联系。

从以上已有研究可以看出，开放科学和开放创新具有密切的联系，开放科学和开放创新往往在生态系统内同时发生，并互相影响。

2.2.2 开放科学的开放创新内涵

在开放科学创新生态系统中，开放科学作用在于降低科研过程中数据和材料成本，改善科学事业质量和效率，催生高质量研究，开放创新作用在于降低创新知识成果交易活动成本，提高创新活动的效率，缩短成果转化周期；开放科学旨在实现科研成果开放，推动创新研究和合作关系的形成，促进知识转化为社会经济价值；开放创新本质是创新知识资源跨组织边界自由流动，各个创新主体通过开展开放创新活动形成高效协作关系，在协作中促进创新知识资源的流动，最终实现价值创造和共赢。为进一步为双方一致性关系提供理论依据，本文依据开放科学“资源–过程–主体–行为”内涵分析框架，提出开放创新具有创新知识资源、创新过程、创新主体和创新活动 4 个关键构成要素，开放科学和开放创新基于关键要素和原则的内涵一致性如表 1 所示。

表 1 开放科学和开放创新的内涵

Table 1 Connotation of open science and open innovation

维度	开放科学	开放创新
资源	科学知识的开放共享	创新知识资源和创新过程的透明开放
过程	研究过程的透明	
主体	参与主体的包容	基于创新主体包容性的价值共同创造
行为	研究行为的协作	

（1）创新知识资源和创新过程的透明开放。创新的本质是对知识资源的利用，知识资源的加速流动驱动创新发生。开放创新的一般定义是“利用有目的的知识流入和流出加速内部创新，并扩大外部使用创新的市场”[16]，LAURSEN 等进一步提出实现创新资源充分利用的重要前提是知识信息的自由流动，其中面向内部的创新是对外部知识的利用以进行创新，面向外部的创新是内部知识的溢出以支持其他机构的创新[17]。由此可见，开放创新核心在于强调内外部异质主体间的创新知识资源交互，使创新过程更加透明，WHITTINGTON 提出技术创新过程中实施开放战略需要关注创新内容与过程的可见性[18]。

开放创新的基本前提是向所有活跃的参与者开放创新过程，以便知识可以更自由地流通和共享，并转化为创造新市场的产品和服务。由此可见，开放创新强调“创新知识及过程的开放共享”，这正是对开放科学的开放性、透明性原则在创新体系下的诠释和延伸。

（2）基于创新主体包容性的价值共同创造。开放创新范式下创新主体更加多样化和包容，多元行动主体共同参与组织创新战略对话，如信息交流、价值观塑造等[19]。创新主体的合作可以是基于资源的合作，例如基于市场资源的合作，基于专业资源的合作，基于制度资源的合作；可以是基于科学的合作，或者基于组织的合作等。对于主体的身份也更具有包容性，例如供应商、用户、高校或研发实验室、竞争者、咨询顾问、其他行业企业、创新中介机构等。以欧盟 SWAFS（Science with and for Society）计划为例，主张研究人员、政策制定者、公民、大学、研究机构、教

育组织、行业协会、非政府组织、民间团体参与科研成果向技术创新转化的早期过程[20]。

从开放创新 2.0 概念的关键要素来看，一项具体的创新不再被看作是预先确定和孤立的创新活动的结果，而是一个复杂的共同创造过程的结果，只有当用户和公众成为价值创造过程的一部分时，发明才成为创新，创建一个允许共同创造的运作良好的生态系统对于开放式创新至关重要[21]。因此，“共创”是发明上升为创新的衡量标准之一，开放科学的协作性、包容性原则，正与开放创新的“共创”标准相对应。

2.2.3　开放科学与开放创新的协同性

开放科学和开放创新具有一致的内涵属性，科学研究的开放性、透明性、包容性、协作性程度越高，开放科学程度越高，在其他条件相同的情况下，开放创新能力越强。本文根据开放科学和开放创新的内涵，分别将开放科学的开放性和透明性原则对应到开放创新的知识共享原则，将协作性和包容性原则对应到开放创新的价值共创原则，同时，参考 2012 年开放获取周上，PLOS 等机构推出的评价开放程度的指南“开放获取频谱”，提出“开放科学频谱”的概念（表 2），将开放科学的程度分为 4 个级别，其中级别 1 是最低程度的开放科学模式，在这种模式下，开放科学程度较低，知识共享和价值共创的水平也较低，因此开放创新的能力也弱；随着级别增加，开放科学程度逐级增加，开放科学对于开放创新的支持也越强，开放创新能力也越强；级别 4 是最高程度的开放科学模式，在这种模式下，开放科学高度成熟，知识共享水平和价值共创水平也很高，研究和创新之间的界限越来越模糊。

3　开放科学对创新生态的内在作用机制

本文借鉴知识治理理论，从创新过程视角分析开放科学在不同创新阶段对于创新生态的的动力作用机制，如图 2 所示。

表 2　开放科学频谱

Table 2　Open science spectrum

开放创新原则	开放科学原则	开放科学程度			
		级别 1	级别 2	级别 3	级别 4
创新知识及过程的共享	科学知识的开放性	授权区域开放	国家区域可访问	联盟区域可访问	全球可访问
	研究过程的透明性	最终研究产出共享（论文、图书、预印本等）	研究中间阶段透明（实验数据及方法条件）；研究后评议透明	研究前端过程透明（即想法透明，如预注册、实验计划等）	研究全生命周期过程透明化
创新价值的共同创造	科学行为的协作性	组织内协作	跨组织协作	跨国协作	全球协作
	参与主体的包容性	基于领域的包容	基于科学系统内的包容	基于利益相关系统的包容	公众包容

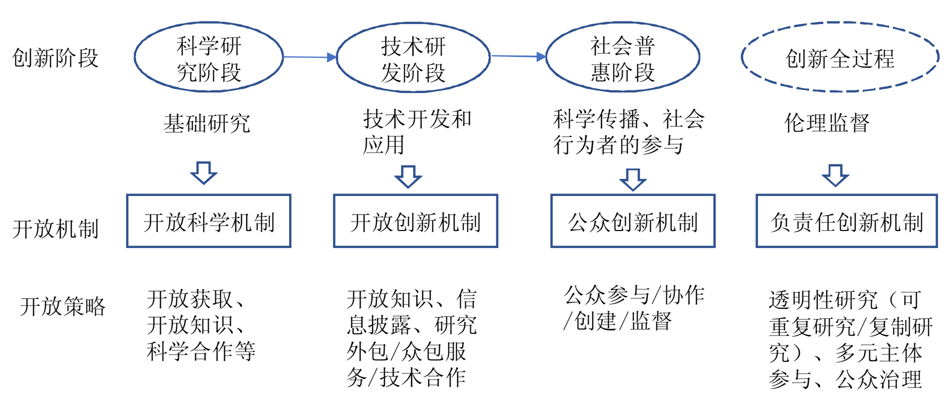


图 2　不同创新阶段下开放科学的创新机制

Fig.2 Innovation mechanism of open science in different innovation stages

3.1 科学研究阶段的开放科学机制

科学的创新依赖于前人知识的累积。张学文等从建构制度方面论证了累积创新制度逻辑建构了开放科学制度[22]。即使对于离散创新，知识的专有化也会通过减少操作自由来阻碍后续创新[23]。

在科学研究阶段，开放科学通过知识的共享和开放科学创新伙伴合作关系作用于创新系统。知识共享方面更多是显性知识的流动，科学研究团队可以利用开放科学的知识成果开发新的产品或进行服务创新，也可以将知识成果通过开放科学基础设施溢出以支持外部创新。开放科学分享知识，材料和工具，避免知识的孤岛化，加快研究的验证速度并减少创新的重复[24]，塑造基于优先权、声誉的知识共享激励机制，从而改善当前科学创新系统。但是知识共享并不直接作用于创新生产力，而更多是作为“原料”的储备。

开放科学创新伙伴合作关系更多是隐性知识的流动，通过团队的多样化和隐性知识流动，应对科学的日益复杂化，有效提高科学研究效率并降低研究成本；通过知识和技能的结合以及一致的激励措施来进行突破性创新[25]；开放科学还可以提高创新系统的鲁棒性，通过外部专家的公开验证从而实现更高质量的成果。比较典型的开放科学创新伙伴合作是跨学科或多中心分布式合作，例如，通过结构基因组学联盟和安大略省癌症研究所之间的抗白血病药物的开发，导致了加拿大历史上最大的临床前药物交易，而且比预期的开发时间缩短了两年[26]。

3.2 技术研发阶段的开放创新机制

与开放科学相比，开放式创新面向的是技术开发阶段，通常被认为是利用有目的的知识交流加速内部创新，并扩大外部创新。从前面的内涵关联即可以看出，开放科学和开放式创新都是通过分享知识加速某个过程，而科学发现的知识流入也会触发创新。因此，开放科学可以导致开放式创新。VICENTE-SÁEZ 和 MARTÍNEZ-FUENTES 认为，“开放科学是透明的，可访问的知识，可以刺激商业战略，行动和实践，换句话说，新的合作方式有助于打破开放科学和开放创新之间的壁垒”[13]。除了学术机构外，一些研发主导的企业也参与到开放科学中，例如西门子、IBM 或特斯拉等开放发表众多研究成果而不是借此申请专利。张学文等分析了艾尔建公司的开放科学研发模式，认为开放科学的研发模式是一种独特的创新思维，更是一种面向未来的战略选择，更加强调研发的众包（Crowd-Sourcing）与合作[27]。

根据开放式创新的定义，在这一阶段开放科学主要通过知识的可获取支持企业内的创新和企业知识的对外共享以支持外部创新。科学研究创造新的理论和知识，其中显性知识包括期刊论文、图书、会议资源、实验数据、软件、代码等，在开放科学模式下，这些显示知识更多地向产业界开放溢出，支持产业界进行利用并转化为创新成果。而另一方面，企业将原有的专利知识开放化向学术研究溢出，目前正在出现的一种趋势是企业向研究机构捐赠专利，而企业保留在其业务范围内免费许可专利的权利，因此研究机构可以将该专利知识应用于学术与应用结合，实现跨行业创新。例如宾夕法尼亚州立大学和弗吉尼亚理工大学捐赠了价值 6 400 万美元的专利。凯洛格公司向密歇根州立大学赠送了价值 4 900 万美元的专利[28]。

隐性知识的开放流动则主要通过研究外包 / 众包服务和合作伙伴关系形成。开放式创新最重要的属性就是协作性。开放科学的兴起改变了企业的研发模式，企业更加重视与学术机构、其他产业合作伙伴的研发合作，从而帮助企业整合优秀创新能力实现创新效率提升。为了迎合开放式创新，一些学术研究机构也形成面向产业技术提供解决方案的合作网络，如由全球 7 个著名的研究机构组成的 RFID 全球学术研究实验室网络，实现全球化研发能力融合以达到技术创新和应用。此外，研究活动的外包为中小企业克服“小责任”提供了新的可能性[29]，而在开放科学研发模式下，原本无法自行进行基础研究的中小企业也可以将科学问题外包给研究机构，从而提高创新竞争力。大型企业将非核心价值链研发剥离外包给研究机构，也有效降低了研发成本和避免了重复研究。开放科学的研发

模式将更加快速发现和聚拢创新资源，不断优化创新生态。

3.3 社会普惠阶段的公民科学机制

众筹网站使公民可以资助他们感兴趣的研究，公民科学平台鼓励每个人分享他们的时间和专业知识来帮助解决挑战，因此，被排除在创新体系之外的公民和专业人士，也成为创新体系的重要参与者之一[30]。公民科学除了在参与方面非常开放之外，在研究过程的透明度以及中间结果和数据的披露方面，往往比传统项目也更加开放[31]。公民科学最大的优势是可以利用庞大的贡献者基础，使用众包技术来组织科学项目，从而产生特定领域新的知识和创新。

公民科学的创新模式主要有 4 种项目类型。①公民参与贡献的科学项目。在这种项目中，公民是协助科学家进行收集和分析数据的贡献者，公民通过开放科学平台贡献数据或资源，或者由学术机构为公民科学家提供对实验室仪器的共享。例如在线平台 Zooniverse 目前拥有 80 多个自然科学和医学科学以及人文科学的研究项目，220 多万名志愿者，项目由专业科学家领导，公众通过对图像以及声音和视频文件进行分类或转录来帮助数据生成和分析。目前该项目取得了很多重大发现。②公民协作科学项目。由科学家和公众成员共同推动项目的研究，公民成员不但贡献数据，还会参与项目设计、分析、传播和成果发现的过程。例如 Epidemium 在线平台将癌症科学家和数据科学的公民成员聚在一起，使用大数据推进癌症研究。③共同发起科学项目。由公众和科学家，甚至公众自身发起并开展研究全过程的项目。例如，JOGL 启动的 OpenCovid19 计划允许任何人发起、筹资、招募贡献者并开展研究，截至 2021 年 4 月，该倡议在追踪和预测 Covid 传播，研究大流行的社会经济和环境后果，开发诊断测试以及调查潜在的 Covid 治疗方法等领域开展了 123 个项目[31]。④公众开放监督项目。在科学研究过程的后期，由公众监督项目的潜在社会影响和伦理规范，并参与传播、组织辩论和重复研究。

3.4 覆盖创新全过程的负责任创新机制

负责任创新要求在创新活动的全过程，通过采取开放科学治理模式，保障其符合科研和社会伦理道德规范。“开放”被视为责任式创新面向研究与创新活动的重要治理规范，其主张科学、创新、社会的动态交互、多元主体包容、过程响应与透明等[32]，这些也是开放科学的核心价值。梅亮等基于责任式创新视角，从科学研究、技术开发、社会发展的全过程，构建了科技创新责任治理开放机制框架[33]。开放科学使研究过程透明化和开放化，缓解科学研究的可重复危机；吸纳多元主体参与和更广泛地协作管控技术风险和实现经济价值；采取公众治理手段保障社会效益和规范。

4 结　语

开放科学已不再局限于知识的共享和可访问，而更加重视开放科学的创新实践，开放科学创新生态正在形成。本文提出以开放性、透明性、协作性、包容性 4 个原则为维度的开放科学内涵框架和开放科学频谱，并在此基础上进一步分析开放科学和开放创新的内涵关系，以及开放科学对于创新生态的动力作用机制。本文的不足之处在于相关研究还处于理论层面，如开放科学频谱需要细化到可评估可操作的粒度，开放科学对于创新生态的作用机制也需要更多的案例予以验证。同时，需要在此研究基础上，进一步探索创新体系下开放科学的治理机制，以及开放创新生态下科学、产业、社会、政策的联动策略。

参考文献：

[1] Draft UNESCO recommendation on open science[EB/OL].[2021-11-21].https://en.unesco.org/science-sustainable-future/open-science/recommendation.

[2] EC. Horizon 2020-Work programme 2018-2020 [EB/OL]. (2020-09-17)[2020-09-10]. https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2018-2020/ main/h2020-wp1820-swfs_en.pdf.

[3] 人民网. 中华人民共和国科学技术进步法[EB/OL]. (2021-12-24)[2022-02-21]. http://jl.people.com.cn/n2/2021/1227/c349771-35069147-2.html.

People's Network. Law of the People's Republic of China on Science and Technology Progress[EB/OL]. (2021-12-24)[2022-02-21]. http://jl.people.com.cn/n2/2021/1227/c349771-35069147-2.html.

[4] European commission. Open innovation, open science, open to the world - A vision for Europe[EB/OL]. (2016-05-30)[2019-12-20]. https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/open-innovation-open-science-open-world-visioneurope.

[5] 黄金霞. 开放科学"突变"知识共享与知识利用的新生态[J]. 农业图书情报学报, 2020, 32(12): 4.

HUANG J X. New ecology of knowledge sharing and knowledge utilization in open science[J]. Journal of library and information science in agriculture, 2020, 32(12): 4.

[6] National academies of sciences, engineering, and medicine. Open science by design: Realizing a vision for 21st century research[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2018.

[7] VICENTE-SAEZ R, MARTINEZ-FUENTES C. Open science now: A systematic literature review for an integrated definition[J]. Journal of business research, 2018, 88: 428-436.

[8] UNESCO. Draft text of the UNESCO recommendation on open science[EB/OL]. [2022-06-01]. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000378381.locale=en.

[9] 彭媛媛, 黄金霞, 陈雪飞, 等. 开放科学进程中的 OA 期刊发展: 2017-2020 年[J]. 农业图书情报学报, 2020, 32(12): 29-40.

PENG Y Y, HUANG J X, CHEN X F, et al. Open access journals' development in the open science process: 2017-2020 [J]. Journal of library and information science in agriculture, 2020, 32(12): 29-40.

[10] 陈秀娟, 张志强. 开放科学的驱动因素、发展优势与障碍[J]. 图书情报工作, 2018, 62(6): 77-84.

CHEN X J, ZHANG Z Q. The driving factors, advantages and obstacles of the open science development[J]. Library and Information Service, 2018, 62(6): 77-84.

[11] DAVID P A. Common agency contracting and the emergence of "open science" institutions[J]. The American economic review, 1998, 88(2): 15-21.

[12] GOLD E R. The fall of the innovation empire and its possible rise through open science[J]. Research policy, 2021, 50(5): 104226.

[13] VICENTE-SAEZ R, GUSTAFSSON R, MARTINEZ-FUENTES C. Opening up science for a sustainable world: An expansive normative structure of open science in the digital era[J]. Science and public policy, 2021, 48(6): 799-813.

[14] BLüMEL C. Was gewinnen wir durch open science und open innovation?[M]. Essen: Edition Stifterverband,2018.

[15] BECK S, BERGENHOLTZ C, BOGERS M, et al. The open innovation in science research field: A collaborative conceptualisation approach[J]. Industry and innovation, 2020: 1-50.

[16] HUIZINGH E K R E. Open innovation: State of the art and future perspectives[J]. Technovation, 2011, 31(1): 2-9.

[17] LAURSEN K, SALTER A. Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms[J]. Strategic management journal, 2006, 27(2): 131-150.

[18] WHITTINGTON R, CAILLUET L, YAKISDOUGLAS B. Opening strategy: Evolution of a precarious profession[J]. British journal of management, 2011, 22(3): 531-544.

[19] WESTLEY F R. Middle managers and strategy: Microdynamics of inclusion[J]. Strategic management journal, 1990, 11(5): 337-351.

[20] STILGOE J, OWEN R, MACNAGHTEN P. Developing a framework for responsible innovation[M]. The ethics of nanotechnology, geoengineering and clean energy, 2020: 347-359.

[21] European commission, directorate-general for research and innovation, open innovation, open science, open to the world: A vision for Europe, publications office[EB/OL]. [2022-06-12]. https://data.europa.eu/doi/10.2777/552370.

[22] MERTON R K. The sociology of science: Theoretical and empirical investigations[M]. University of Chicago press, 1973.

[23] GAESSLER F, HARHOFF D, SORG S. Bargaining failure and freedom to operate: Re-evaluating the effect of patents on cumulative innovation[J]. Max Planck institute for innovation & competition research paper, 2019: 19-11.

[24] EGELIE K J. Management of intellectual property in university-industry collaborations -Public access to and control of knowledge[D]. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet,2019.

[25] RZHE T A, FOSTER J G, FOSTER I T, et al. Choosing experiments to accelerate collective discovery[J]. Proceedings of the national academy of sciences, 2015, 112(47): 14569-14574.

[26] OICR T. A Novel open source approach the molecule has been made freely available to the cancer research community to help discover new therapeutic strategies for cancer patients sooner[EB/OL]. (2015-09-03)[2022-02-02]. https://oicr.on.ca/the-ontario-institute-for-cancer-research-and-the-structural-genomics-consortium-develop-and-give-away-new-drug-like-molecule-to-help-crowd-source-cancer-research/.

[27] 张学文, 陈劲. 开放科学的研发模式: 一种独特的创新思想[J]. 清华管理评论, 2017(12): 26-32.
ZHANG X W, CHEN J. Research and development mode of open science: A unique innovative thought [J]. Tsinghua management review, 2017(12): 26-32.

[28] ZIEGLER N, GASSMANN O, FRIESIKE S. Why do firms give away their patents for free?[J]. World patent information, 2014, 37: 19-25.

[29] GASSMANN O, KEUPP M M. The internationalisation of research and development in Swiss and German Born globals: Survey and case study evidence[J]. International journal of entrepreneurship and small business, 2007, 4(3): 214-233.

[30] HECKER, S, HAKLAY, M BOWSE A. Citizen science: Innovation in open science, society and policy[M]. London, UK: UCL press, 2018.

[31] FRANZONI C, POETZ M, SAUERMANN H. Crowds, citizens, and science: A multi-dimensional framework and agenda for future research[J]. Industry and innovation, 2021: 1-34.

[32] OWEN R, MACNAGHTEN P, STILGOE J. Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society[M]. Emerging technologies: Ethics, law and governance, 2020: 117-126.

[33] 梅亮, 吴欣桐, 王伟楠. 科技创新的责任治理: 从开放科学到开放社会[J]. 科研管理, 2019, 40(12): 1-10.
MEI L, WU X T, WANG W N. Responsible governance of scientific and technological innovation: From open science to open society[J] Scientific Research Management, 2019, 40(12): 1-10.

Open Science: Connotation of Open Innovation and Its Mechanism for Innovation Ecology

CHEN Xuefei[1], HUANG Jinxia[1,2], WANG Fang[1]

（1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190; 2. Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049）

Abstract: [Purpose/Significance] Open science is shaping a new academic innovation ecology, aiming to promote open exchange and use of knowledge, emphasize open and cooperative research methods, and thus accelerate scientific innovation. Open innovation emphasizes the flow of knowledge across organizational boundaries. Both of them have obvious internal consistency and regard the free flow of knowledge as the driving factor of innovation. However, there are few studies on the relationship between open science and open innovation at present. They are often studied separately in the scientific research environment and the enterprise environment, ignoring the common role and integration of the two in the open innovation ecology. This paper aims to analyze the consistency of the connotation of open science and open innovation, study the mechanism of open science for innovation ecology, and provide reference

for building an open science innovation ecology integrating open science and open innovation, as well as for developing open science governance for scientific and technological innovation. [Method/Process] First, based on the existing connotation of open science, this paper established the connotation analysis framework of "resource-process-subject-behavior" of open science, and put forward four key elements and principles of open science: "openness of scientific knowledge resources - transparency of research process - inclusiveness of participants - collaboration of research behavior". Then it de-constructed open innovation according to the connotation analysis framework of open science, and put forward four key elements of innovation knowledge resources, innovation process, innovation subject and innovation activities, as well as the principle of transparent and open innovation knowledge resources and innovation process, and value of co-creation based on the inclusiveness of innovation subject. Finally, according to the four principles of open science, the "Open Science Spectrum" was established to clarify the consistency and synergy of both sides from the perspective of openness. Besides, in order to understand the joint action mechanism of open science and open innovation in the innovation ecology, this paper analyzes the open science innovation mechanism in different innovation stages from the perspective of innovation process, including the open science mechanism in the open science research stage, the mechanism in the technology research and development stage, the citizen science mechanism in the social inclusion stage, and the responsible innovation mechanism covering the whole process of innovation. [Results/Conclusions] The innovation ecology of open science has come into being. Open science and open innovation have consistency in connotation and synergy in openness. Under the open science innovation ecology, open science plays a role in different stages of innovation. Explicit knowledge and tacit knowledge are open and flowing in different stages of innovation, accelerating open science innovation, open innovation, public innovation and responsible innovation. The inadequacy of this paper is that the relevant research is still at the theoretical level. For example, the spectrum of open science needs to be refined to an assessable and operable granularity, and the mechanism of open science for innovation ecology also needs more cases to verify. At the same time, based on this research, we need to further explore the governance mechanism of open science under the innovation system and the linkage strategy of science, industry, society and policy under the open innovation ecology.

Keywords: open innovation; open science; innovation ecology; open sharing